Chapitre 18

# Le système respiratoire.

- La respiration.
- Les éléments du système respiratoire.
- La mécanique respiratoire.
- Les volumes respiratoires.
- Le transport des gaz.
- Le régulation de la respiration.
- Exercices et corrigés.

## La respiration.

Toutes les cellules nécessitent un approvisionnement continu en oxygène $O_2$ et rejettent continuellement du$CO_2$. Au niveau macroscopique la respiration correspond à la ventilation pulmonaire. Au niveau cellulaire, la respiration correspond au processus par lequel les cellules utilisent de l'$O_2$ , produisent du $CO_2$ et convertissent l'énergie produite en composés assimilables.




**Rappelez-vous**

**La respiration externe :** échanges gazeux entre le sang et l'air.
**La respiration interne :** échanges gazeux entre le sang et les cellules.
**La respiration cellulaire :** utilisation d'$O_2$ , par les cellules pour le métabolisme, et production de $CO_2$ .

# Les éléments du système respiratoire.

Les principaux conduits du système respiratoire sont : la cavité nasale, le pharynx, le larynx, et la trachée. Dans les poumons, la trachée se ramifie en bronches, bronchioles et finalement en alvéoles pulmonaires. Alors que le système respiratoire intervient principalement dans les échanges gazeux pour assurer le métabolisme cellulaire, il existe des régions du système respiratoire qui jouent un rôle dans la phonation, la compression abdominale, la toux et l'éternuement. La zone de conduction du système respiratoire comprend les cavités et les structures qui assurent le transport des gaz jusqu'aux alvéoles pulmonaires et des gaz en provenance des alvéoles.

## La cavité nasale.

**Structures :** cloison nasale supérieure ; cornets inférieure et moyen.
**Tissus :** épithélium cylindrique pseudostratifié ; épithélium olfactif.
Réchauffe et humidifie l'air inspiré, et joue un rôle dans l'olfaction.

## Le pharynx.

**Le nasopharynx :** à 'arrière des cavités nasales, la trompe d'Eustache s'ouvre dans le nasopharynx, luette, tonsilles pharyngiennes.
**L'oropharynx :** tonsilles palatines et linguales.
**Le laryngopharynx :** partie laryngée du pharynx.

L'oropharynx et le laryngopharynx ont des fonctions respiratoire et digestive, alors que le nasopharynx présente uniquement une fonction respiratoire.

## Le larynx.

**Structures :** les cartilages : cartilage thyroïde antérieur, épiglotte, cartilage cricoïde, cartilage cunéiforme, cartilage corniculé, cartilages aryténoïdes ; et une ouverture, la glotte.

Le larynx constitue l'entrée de la trachée. Son rôle principal est de prévenir l'entrée de nourriture ou de liquide dans la trachée ou dans les bronches pendant la déglutition. Une autre de ses fonctions est la phonation.

## La trachée et l'arbre bronchique.

**Structures ;** la trachée se ramifie en bronches souches, droite et gauche, puis en bronches secondaires, tertiaires et bronchioles.

**Tissus ;** anneaux et cartilage ; la trachée est tapissée par un épithélium cylindrique pseudostratifié produisant du mucus.

Système de conduction de l'air. Les anneaux cartilagineux assurent la rigidité du conduit trachéal.

## La zone respiratoire.

**Structures :** système continu de ramifications comportant des bronchioles terminales, les conduits alvéolaires et les alvéoles pulmonaires.
**Tissus :** épithélium simple cubique dans les canaux alvéolaires, épithélium simple pavimenteux, dans les alvéoles pulmonaires.

Echanges gazeux dans les alvéoles pulmonaires, respiration externe.

Les parois des alvéoles contiennent des cellules spécialisées, les pneumococytes2 qui secrètent un surfactant qui a pour fonction de diminuer la tension de surface, les pneumocytes1 qui forment la barrière air/sang, et des macrophages alvéolaires qui éliminent les aérocontaminants.

### Les poumons.

Les deux poumons sont situés dans la cavité thoracique et sont séparés l'un de l'autre par le médiastin (figure 18.1). Chaque poumon comprend des lobes, eux-mêmes constitués de lobules qui contiennent les alvéoles. Sur sa face médiale, le poumon gauche présente une concavité, l'incisure cardiaque, qui épouse la forme du cœur. Le poumon gauche est divisé en deux lobes par une scissure unique et contient huit segments pulmonaires. Le poumon droit est divisé en trois lobes par deux scissures et contient dix segments bronchiques.

Les poumons sont entourés par une membrane séreuse formée de deux feuillets, la plèvre. Le feuillet interne, la plèvre viscérale, recouvre les poumons ; le feuillet externe, la plèvre pariétale, tapisse la paroi thoracique. Entre les plèvres pariétale et viscérale, se trouve un petit espace virtuel, la cavité pleurale. La pression de l'air dans la cavité pleurale (pression intra-thoracique) est légèrement inférieure à la pression atmosphérique dans les poumons au repos.

Cette pression négative est un facteur critique pour l'étirement de la cage thoracique ce qui permet la distension des poumons.

## La mécanique respiratoire.

L'inspiration se produit lorsque la contraction des muscles inspiratoires provoque une augmentation du volume thoracique avec une expansion des poumons et une diminution des pressions intrathoracique et intrapulmonaire (pression intra-alvéolaire). L'air entre dans les poumons lorsque la pression intrapulmonaire descend au-dessous de la pression atmosphérique (760mmHg au niveau de la mer). L'expiration survient ensuite passivement, provoquant une diminution du volume thoracique et une augmentation de la pression intrapulmonaire.

- **SAVOIR.**

**Les muscles inspiratoires :** diaphragme et intercostaux externes.
**L'expiration :** relâchement passif des muscles inspiratoires.
**L'expiration forcée :** muscles intercostaux internes et abdominaux.

# Les volumes respiratoires.

La capacité pulmonaire totale est la somme de quatre volumes (figure 18.1) : le volume courant qui est le volume d'air inspiré et expiré par les poumons au cours de la respiration normale ; le volume de réserve inspiratoire qui est le volume maximum qui peut être inspiré en une fois ; le volume expiratoire de réserve qui est le volume d'une expiration forcée après une expiration normale ; et le volume résiduel qui est le volume d'air restant dans les poumons après une expiration forcée. Les volumes respiratoires gazeux sont mesurés à l'aide d'un spiromètre.

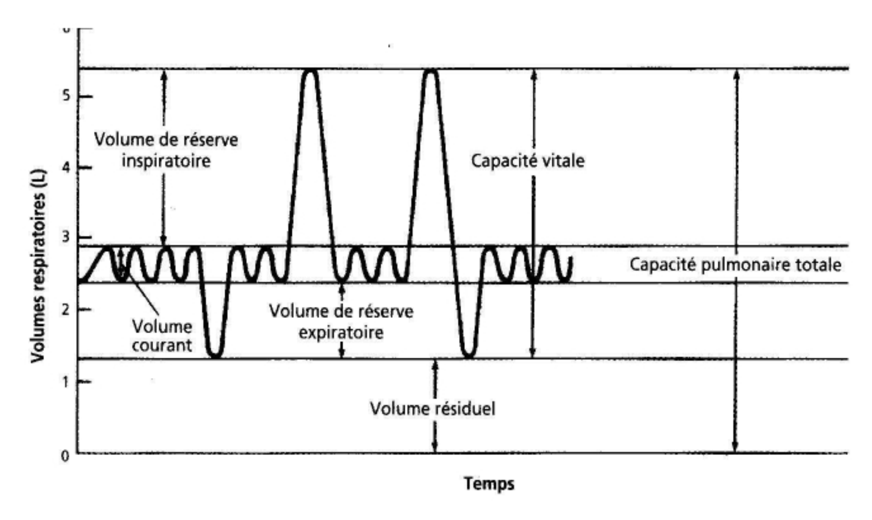



**Figure 18.1** Les volumes respiratoires gazeux.

La ventilation-minute est le volume d'air qui pénètre dans les poumons en une minute. Le volume moyen normal est de 6 L / min. La ventilation alvéolaire est le volume d'air échangé en une minute dans les alvéoles pulmonaires.

**Ventilation-minute =**
(volume courant) x (fréquence respiratoire)

**Ventilation alvéolaire =**
( ( volume courant) - (espace mort)) x (fréquence vibratoire).

L'espace mort est le volume d'air présent dans la zone de conduction, et qui ne participe pas aux échanges gazeux, soit 150mL chez l'adulte.




# Le transport des gaz.

Jusqu'à 99% de l'$O_2$ du sang est transporté par les molécules d'hémoglobine des érythrocytes. Le $CO_2$du sang est majoritairement converti en ions bicarbonate dans les érythrocytes puis passe dans le plasma.

## Les pressions artérielles.

Dans un mélange de gaz, chaque composé gazeux exerce une pression partielle qui est proportionnelle à sa concentration dans le mélange. Par exemple, l'air contient 21% d'$O_2$ et participe pour 21% à la pression de l'air. 21% de 760 mm Hg = 160 mm Hg, ce qui correspond à la pression partielle de l'$O_2$ dans l'air. La différence des pressions artérielles dans les alvéoles et dans les capillaires pulmonaires favorise la diffusion de l'$O_2$ des alvéoles vers le sang et la diffusion du $CO_2$ du sang vers les alvéoles.

| **Pression atmosphérique.** | **Pression alvéolaire.** | **Pression dans les capillaires pulmonaires.** |
|---|---|---|
| $P_{o2}$ = 160 mm Hg. | $P_{o2}$ = 101 mm Hg. | $P_{o2}$ = 40 mm Hg. |
| $P_{co2}$ = 0,3 mm Hg. | $P_{co2}$ = 40 mm Hg. | $P_{co2}$ = 45 mm Hg. |

## La balance acido-basique.

Grace à une enzyme des érythrocytes, l'anhydrase carbonique, 6,7% du $CO_2$ du sang est combiné rapidement à de l'eau pour former de l'acide carbonique qui se dissocie en ion bicarbonate et proton :

$$CO_2 + H_2O + H_2OCO_3 + HCO_{3-} + H^+$$

Les ions bicarbonate ($HCO_{3-}$ ) contribuent pour une large part au système tampon du sang. L'acidose respiratoire (pH du sang inférieur à 7,35) se produit lorsque le $CO_2$ n'est pas éliminé du corps à une vitesse normale, ce qui augmente la $Pa_{co2}$ ($P_{co2\ artérielle}$). Ceci peut être dû à une pathologie pulmonaire ou à une hypoventilation. L'alcalose respiratoire (pH du sang supérieur à 7,42) se produit lorsque le $CO_2$ est éliminé trop rapidement, ce qui diminue la $Pa_{co2}$ ($P_{co2\ artérielle}$). Cela peut résulter d'une hyperventilation ( ce peut être provoquée par certaines drogues agissant sur les centres respiratoires).

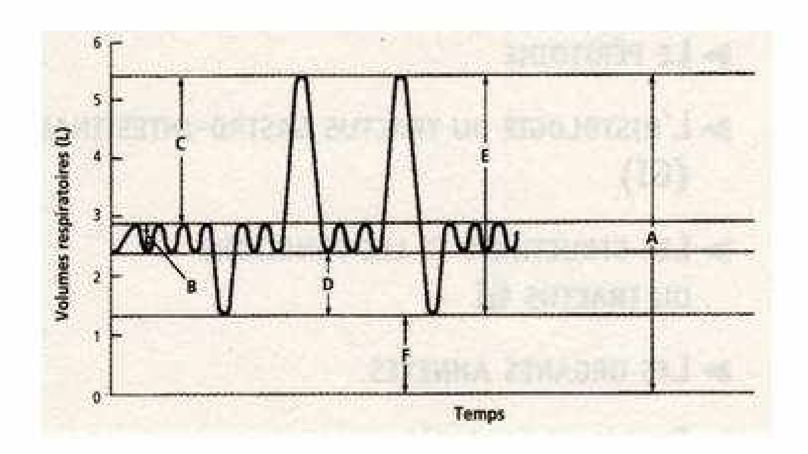



# La régulation de la respiration.

Le contrôle de la respiration est localisé dans les centres respiratoires (centre inspiratoire et centre expiratoire) bulbaires. Lorsque les neurones inspiratoires sont stimulés, les muscles respiratoires se contractent et provoquent l'inspiration, et les neurones expiratoires sont inhibés. Au bout de deux secondes environ le processus inverse se produit. Le bulbe contient également un centre chémosensible qui met en jeu des chémorécepteurs impliqués dans le contrôle de la respiration, tels que les corpuscules (glomi) carotidiens et les récepteurs aortiques de la crosse. Ces récepteurs répondent à une augmentation de la $Pa_{co2}$ en provoquant l'inspiration.

# Exercices.

1. Capacité pulmonaire totale.
2. Volume de réserve expiratoire.
3. Capacité vitale.
4. Volume résiduel.
5. Volume courant.
6. Volume de réserve inspiratoire.




# Solutions

1. a.
2. d.